

Title	STATISTICAL STUDIES ON NON-STATIONARY RESPONSE AND STABILITY OF NON-LINEAR DELAY CONTROL SYSTEMS( Abstract_要旨 )
Author(s)	Hara, Kei
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	1969-01-23
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2433/213042">http://hdl.handle.net/2433/213042</a>
Right	
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	none

氏 名	原 敬 はら けい
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 251 号
学位授与の日付	昭 和 44 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	<b>STATISTICAL STUDIES ON NON-STATIONARY RESPONSE AND STABILITY OF NON-LINEAR DELAY CONTROL SYSTEMS</b> (非線形むだ時間制御系の非定常応答および安定性に関する 統計学的研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 榎 木 義 一   教 授 得 丸 英 勝   教 授 多 田 政 忠

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、実在の自動制御系内に認められる、信号伝達の非線形性、むだ時間の存在および系への外乱の不規則性に着目し、実際の立場から、1) むだ時間を含む、または含まない非線形制御系の突変不規則外乱に対する非定常応答の評価、2) むだ時間系の確率論的安定性、に関する基礎的研究をおこなったものである。

本論文は、緒言、本文8章、結言および付録7よりなっている。緒言において、従来までの非線形制御系の統計学的応答評価の手法および確率論的安定性についての問題点を明示し、本研究の方向を示唆している。本文最初の2章は、むだ時間を含まない非線形制御系の統計学的応答評価を、第3章より第6章までは、非線形むだ時間制御系に対する統計学的応答評価を、さらに残りの2章においては、むだ時間制御系の確率論的安定性を、それぞれ取扱っている。

第1章では、系内に含まれる非線形要素の出力が、その入力が多項式によって表わされるようなZero-memory 型非線形特性であるような制御系へ、突變的に非定常不規則外乱が印加されたとき、Taylor Cauchy 変換を導入することにより、その系の非定常応答を二乗平均値に注目して評価する手法が展開されている。

第2章では、系内のパラメータが時間とともに確定的に変動しているような非線形制御系へ、ステップ状の目標信号と突變定常正規型外乱が印加されたとき、その非定常応答が第1章での手法を適用して評価されている。

第2章までに展開された応答評価手法を、むだ時間を含むような系に拡張することは、むだ時間の存在のため、かなり困難となる。そこで第3章では、突變定常正規型外乱をうける非線形むだ時間制御系の新しい応答評価手法が提案されている。その手法は、まず時間軸を、外乱が印加された時刻を基点として、正の方向へむだ時間間隔ごとに分割する。つぎに統計学的等価線形化手法を導入し、各分割時間区間上で応答を逐次評価するのである。

第4章では、物理現象として観測される不規則外乱は平均値成分をもつことおよび系内のパラメータが時間とともに変動していることに注目し、確定的時変パラメータを含む非線形むだ時間制御系の応答の平均値および分散の評価手法が、応答の平均値成分を考慮した統計学的等価線形化手法を導入し、かつ第3章の評価手法を拡張適用することにより述べられている。

第5章では、より実際の立場から、不規則時変パラメータを含む非線形むだ時間制御系の突変定常正規型外乱に対する非定常応答の評価手法が詳述されている。

上述のように、逐次分割手法は広範囲の非線形むだ時間制御系の応答評価に適用でき、特に、非定常応答の評価は容易である。しかしながら、定常応答の評価に対しては、その計算手法が煩雑となる向がある。

第6章では、前述の難点を回避して、定常応答の評価を容易ならしめるために、随伴方程式の導入と統計学的等価線形化手法の適用により、非線形むだ時間制御系の統計学的応答評価手法が論及されている。また本章では、実在の制御系は複雑な多変数系であることにも注目し、系は多変数制御系として取扱われている。なお随伴方程式は、逐次分割手法を用いて解かれうることが明らかにされている。

第7章では、時間とともに不規則に変動するパラメータを含む線形むだ時間制御系の不規則外乱に対する応答が、殆んど確実に有界 (almost sure boundness) であるための十分条件が与えられている。

第8章では、第7章のように、不規則時変パラメータを含む非線形むだ時間制御系の平衡点の安定性が、確率変数列の概収束 (almost sure convergence) に対応する、殆んど確実な大局漸近安定 (almost surely asymptotically stable) という定義のもとに、論及されている。すなわち、まず、二次系について、その平衡点が前述の意味で安定であるための十分条件を述べ、つぎに、その結果は、非線形特性へ条件を附加することにより、高次系の場合へ拡張されている。また、本章でえられた結果の確定的系に対する適用性についての検討もなされている。

結言は、以上の研究成果を総括的に要約したものである。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、非線形制御系の突変不規則外乱に対する応答評価およびむだ時間制御系の確率論的安定性について論じたものである。むだ時間を含まないような非線形制御系について、従来、その応答評価手法として、統計学的等価線形手法の導入によるものと、Fokker-Planck 方程式の解としてえられる応答の確率密度関数の評価、の二つをあげることができるが、高次おくれ系の非定常応答評価の場合には、これらの手法による計算がかなり複雑となることが知られている。そこで著者は、第3の手法として、Taylor Cauchy 変換法による非定常応答の統計学的評価手法を提案している。この手法は、本質的には、級数解法であって、この手法により、非線形要素の伝達特性をあらわす関数がなめらかな系に対しては、前述の等価線形化手法は不用となり、かつデジタル計算機の使用と解折接続の繰返しとにより、応答の評価精度の向上も期待され、興味深い手法である。

一方、実在のプロセス制御系のように、系内にむだ時間の存在がしばしば認められることから、非線形むだ時間制御系に対する統計学的解析の必要性が生じてきた。このようなむだ時間制御系においては、周知のように、たとえ線形系の場合でも、その特性方程式が超越方程式となるために、その解析はかなり複

難である。いわんや、非線形系の統計学的応答の取扱いは、かなり困難視されていた。また、前述の Taylor-Cauchy 変換法のむだ時間系への適用も困難となった。しかしながら、著者は、ここにおいて逐次分割手法を導入し、等価線形手法を用いて、非線形むだ時間制御系の突変定常不規則外乱に対する応答評価に成功し、その評価手法は広範囲の非線形むだ時間制御系に適用されうことを明らかにしている。この逐次分割応答評価手法は注目に値する成果である。

また、殆んど未解決のまま残されている非線形むだ時間制御系の確率論的安定性問題に関しても考究している。すなわち、確率論的安定性が、本質的には確率変数列の収束に帰着することから、工学的に興味あるこの変数列の概収束に対応する殆んど確実な大局漸近安定という定義にもとづき、注目すべき二、三の結果を与えている。

これを要するに、本研究は、むだ時間を含まない非線形制御系の非定常応答について第3の評価手法を確率したのみならず、非常に重要視されながら、殆んど未開拓であった非線形むだ時間制御系の応答評価手法をも確立し、その確率論的安定性に関する結果も含めて、今後の統計学的制御理論分野の発展に有用な手段を提供するものであり、学術上および工業上寄与するところ少なくない。よって工学博士の学位論文として価値あるものと認める。